

الفصل الثامن

علم الأجنة

تمهيد

يبدأ الفرد حياته كخلية واحدة هي البويضة الملقحة Fertilized egg (الزيجوت zygote) وهو اسم يدل على أن البويضة الملقحة لها نشأ مزدوجة فهي عبارة عن الحيوان المنوي الذي يتكون في خصية الذكر والبويضة تتكون في مبيض الأنثى وبتحاد هاتين الخليتين التماسيتين تتم عملية الإخصاب Fertilization وينتج عنها الزيجوت Zygote الذي يعتبر الخلية الجسمية Somatic cell الأولى في بناء الفرد الجديد. هذه هي الطريقة العامة في طريقة تكوين الجنين في قبيلة الفقاريات وهذا هو التكاثر الجنسي في الحليات.

علم الأجنة: Embryology

هو دراسة دورة حياة الفرد من الإخصاب حتى النضج الجنسي ولكن بعض العلماء يفسرون علم الأجنة على أنه دراسة التكوين الجنيني لغاية الفقس والولادة و يتضمن علم الأجنة دراسة مراحل النمو والتكوين والتميز Growth, Development and Differentiation التي تتم في الكائن الحي منذ النشأ الأولى (الزيجوت) إلى أن يصبح الحيوان كامل التكوين معقد التركيب شبيه الأيوان، ناضج جنسيا.

كلمة الجنين: Embryo

يشار إلى دراسة المراحل الجنينية في الحيوان داخل البويضة قبل وبعد الفقس أو الولادة، وفيما يختص بمعنى الجنين يستخدم معنيين مختلفين:

(١) يشار إلى عمليات التحول التي تختص بإخصاب البويضة ومرور هذه البويضة المخصبة من المراحل الأولية إلى المراحل كاملة النضج وتكوين أفراد جديدة وتسمى هذه بظاهرة التطور والنشوء .Ontogenetic Development.

(٢) أما الظاهرة الثانية وهي التطور التاريخي لبعض الأجناس، وتحولها من شكل إلى آخر .Phylogenetic development.

وبذلك يكن تعريف علم الأجنة بأنه دراسة التطور الجنيني لحيوانات عديدة الخلايا من الإخصاب حتى النضج الجنسي.

Define embryology as the study of the ontogenetic development organisms.

ويتم الإخصاب عن طريق اتحاد الحيوان المنوي Spermatozoon من الذكر مع البويضة mature ovum من الأنثى وينتج الزيجوت Zygote عن طريق التكاثر الجنسي Sexual reproduction والزيجوت يعتبر الخلية الأولى في بناء الكائن الحي ويحتوي على الحد الزوجي من الكروموسومات

مبادئ علم الوراثة الخلوية و الأنسجة والأجنة

Diploid numbers حيث يأتي نصف العدد الكروموسومي والحيوان المنوي يحتويان على نصف العدد الكروموسومي وبالتحديد يعطيان العدد الزوجي Diploid number الموجود بالزيجوت والذي يستمر في النمو حتى يصبح كائنات كاملة النمو والتكوين تشبه أبويهما. وبذلك تكون دورة حياة الكائن الحي الذي يتكاثر بالطريقة الجنسية تبدأ بتكوين الأمشاج Gametes ويتضمن هذه العملية انقساماً إختزالياً Reduction division يؤدي إلى إختزال عدد الكروموسومات (الصيغيات) في الخلية الناتجة إلى نصف العدد المميز النوع بعكس الخلايا الجنسية Somatic cells والتي تحتوى على العدد الزوجي من الكروموسومات في الخلية الأصلية والمميز لنوع الحيوان.

لمحة تاريخية لعلم الأجنة

Historical review of the main trends of thought in embryology

يرجع علم الأجنة في دراسته القديمة إلى العالم أرسطو (٣٢٢-٣٨٤ ق.م) الذي أجرى دراسته على جنين الدجاجة مستعينا بالعين المجردة وفي سنة ٣٤٠ ق.م كان أول من وصف النمو الجنيني للدجاجة ووضح في وصفه أن أول عضو ينشأ هو القلب ثم الأجزاء الأخرى التي تتكون حول الأوعية الدموية. وسمى هذه العملية بعملية التكوين التراكمي Epigenesis وظهرت في هذه النظرية لكل من هارفي ١٥٧٨، فلير بشياص ١٥٣٧.

ومع ظهور المجهر ظهرت نظرية جديدة هي نظرية التكوين المسبق Preformation وقد أوضح مالبيجي Malpighi theory عام ١٦٧٣ بأنه رأى جنينا صغيرا كاملا لدجاجة في البهضة غير المحضنة. ولذا فإن نظرية التكوين ما هي إلا عملية التكوين الجنيني أي للنمو الجنيني وأستاد أجزائه وزيادة كثافتها وقد لاقت هذه النظرية قبولا واسعا.

وفي عام ١٦٧٧ أكتشف رهام وليفويك نطفة السائل المنوي فكان الظن بداية الأمر أنها طفيليات. وقد اقترح بأنه يحمل صفات الجنين بدلا من البهضة.

ولقد ظهرت نظرية جديدة تمثلى جديدة تحويرا للفكرة الأساسية لنظرية التكوين السابقة وهي نظرية التكبيس emboiment or encasement وتتمثل هذه النظرية على أن أفراد الاجيال المتعاقبة تحفظ في الخلايا الجنسية للأُم الواحد داخل الآخر وكان رائدا هذه النظرية هما العالم سومراند وبولت عام ١٧٢٠م.

لقد لوحظ بوفن Buffon ١٧٦٠ بدراسة عدد كبير من البويض على فترات مختلفة من الحضنة أنه اقترح بأن جنين الدجاجة موجودة في مركز البهضة منذ خروجها من جسم الدجاجة.

وفي عام ١٨٢٨ نشر فرن بيرفي كتابه الموسم قانون الذي يتضمن على أن المظاهر العامة التي تشبع في كل أعضاء المجموعة من الحيوانات تظهر في الجنين في وقت مبكر من وقت ظهور الصفات الأكثر

مبادئ علم الوراثة الخلوية و الأنسجة والأجنة

تخصصا كظهور الحبل الظهري والجهاز العصبي المركزي قبل ظهور بعض الصفات المختلفة كما للزعانف في الأسماك والريش في الطيور والشعر في الثدييات. وتضمن وصف العالم ارسطو جنين النجاش ضرورية وجوده روح غير مادية توجه عمليات التمايز والنمو المعقدة والتي تسمى بالقوة الحيوية التي اقترحها ولف ١٧٥٩م.

أهم المجالات المتخصصة لعلم الأجنة

- علم الأجنة الوصفي Descriptive embryology

يتطرق هذا العلم إلى المراقبة والوصف دون التدخل في العمليات الحيوية الداخلية وربط عمليات النمو بالظروف البيئية المتغيرة في كل مرحلة من النمو خصوصا الأسماك.

- علم الأجنة المقارن Comparative embryology

وقد تطرق هذا العلم إلى مقارنة أجنة الأنواع المختلفة ببعضها البعض ومحاولة إيجاد العلاقة أو المواقع التصنيفية للكثير منها. وقد ساعد هذا العلم على فهم التكوين الجنيني للكثير منها وتفسير كثير من الفروقات في مراحل النمو الجنيني للإنسان.

- علم الأجنة التجريبي Experimental embryology

وهو العلم الذي يعتمد فيه الباحث على إجراء التجارب العلمية في المعمل وإحداثها على الخلية أو الجنين وعلى المشاهدة وتحليل النتائج وقد بدأ هذا العلم بتجربة من العالم ولهم روكس Wilhelm Roux الذي حاول حسم الخلاف بين مؤيدي نظريتي التكوين المسبق والتكوين التراكمي. فقد قتل العالم روكس إحدى الخليتين الناتجتين عن انقسام البويضة المخصبة الضفدعة بكيها بأبرة ساخنة إلى درجة الاحمرار. وبهذه التجربة أمكن إثبات أي النظريتين أصح نظرية التكوين التراكمي أو التكوين المسبق.

- فإذا كانت نظرية التكوين التراكمي صحيحة فسنحصل على جنين كامل وإن كان صغير الحجم.
- أما إذا كانت نظرية التكوين المسبق صحيحة فسنحصل على جنين مشوه أو ناقص وهو ما حصل عليه العالم رو. وقد اعتبر العالم رو هذه النتيجة دليلا عمليا صححا على صحة هذه النظرية واقترح وسمى هذه النظرية بالنظرية التفسيقية Mosaic theory.

ولقد ظهر فيما بعد عملية كي أو قتل لخلية تكثير على عملية التكوين الجنيني للخلية بحيث جاء مشوها. ولهذا فقد تم الحصول على جنينين كاملين صغيرين بعد فصل الخليتين الناتجتين عن أول انقسام لبويضة مخصبة فصلا تاما.

ومن رواد علم الأجنة التجريبي هو العالم دريش Driesch الذي أوضح في تجربته ١٨٩١ إمكانية نشو جنين كامل لقتل البهر من كل من الخليتين الناتجتين عن أول إنقسام للبويضة المخصبة بعد فصلها.

- علم الأجنة الكيميائي: Chemical embryology

يساعد الباحثين في دراسة الجنين من حيث جيناته وتركيبه والمادة الأساسية لهذه الجينات. والكيفية التي تتغير بها المادة الوراثية للبيضة المخصبة على بناء المواد المختلفة ونشاط الجنين عن طريق نشاط الأحماض النووية.

- علم الأجنة الفسيولوجي: Physiological embryology

يساعد على دراسة النواحي المختلفة للجنين من ناحية عملية الأيض والتغذية والإخراج والنمو.

- علم الأجنة التحليلي (علم الأجنة المعاصر) Analytical chemistry

وهو يتبع في طريقته المنهج الجديد لعلوم الحياة الذي يتخذ الجينات والأحماض النووية وعملها أساسا لتحليل النشاطات والحيوية والفاصلين المختلفة للجنين وأول من اتبع هذا الطريق هو العالم مورجان Morgan في عام ١٩١٩ حين وضع الترتيب الخطي للجينات أو المادة الوراثية على الكروموسومات وبالتالي فإن هذه الثغرات (الجينات) المحمولة على الكروموسومات هي المسؤولة عن تحديد الصفات المظهرية والوظيفية لتفرد وهذه الجينات هي عبارة عن الأحماض النووية سواء الحامض النووي الريبوزي أو الريبوزي نيكلك اسيد وبعض الإنزيمات.

صور مراحل التكوين للخلايا الجنسية:

من الواضح ان هناك عمليات وتطورات أساسية يمر بها الكائن الحي لمختلف الحيوانات ليكون فردا جديدا. وهذه العمليات تبدأ من قبل عملية الإخصاب للبويضة، وهي تشمل عملية تكوين كل من الحيوان المنوي والبويضة وتسمى هذه العملية بعملية تكوين الأمشاج Gametogenesis في كل منهما تنشأ هذه الخلايا بطريقة واحدة باستثناء بعض اللاقناريات ويمكن توضيح التغيرات والنحورات للإنتاج الخلايا الجنسية الذكرية منها والأنثوية:

(١) التكاثر: Reproduction

- حيث تنقسم خلايا الجنسية البدائية إنقسامات متتالية بالإنتقسام الغير مباشر منتجة أعداد كثيرة من الخلايا الجنسية.

- أمهات المنى في الحيوان المنوي وفي الأنثى تسمى عشائ أمهات البيض وبمجرد من وقوف بعض هذه الخلايا عن الإنتقسام تدخل في مرحلة أخرى.

(٢) النمو: Growth

وهذه المرحلة تختص بغذاء خلايا أمهات المنى أو أمهات البيض وتتغذى الأولى بواسطة خلايا سرتولى وهي خلايا كبيرة بجوار خلايا أمهات المنى وتكوين ما يسمى بخلية منوية ابتدائية Primary spermatocyte والثانية تتغذى بواسطة الخلايا الحويصلية المحيطة بالخلية البيضية الأولية والتي تسمى Primary oocyte.

(٣) النضج: Maturation

عند إتمام نضج الخلية المنوية الابتدائية أو البيضية الابتدائية تدخل في مرحلتى الانقسام الإختزالي الأول والثانى.

وتؤدى إلى إختزال عدد الكروموسومات فى الخليتين الناتجتين إلى النصف وهى خلية المنوية (النطفة) الثانوية Secondary spermatocyte أو البيضية الثانوية. وسرعان ما تمر هذه الخلايا بالمرحلة الثانية من الانقسام الإختزالي الثانى دون المرور بطور نمو لتنتج أربعة خلايا جرثومية هى الطلائع المنوية. أو حوصلة جراف فى البيض لتعطى للبويضة الناضجة ثم تتطور هذه الخلايا المنوية إلى الطلائع المنوية ثم إلى حيوانات منوية فى الذكر أو بويضة ناضجة فى الإنثى.

الأمشاج نوعين : ذكرية - أنثيه:

ويأتحد الخلية الذكرية (النطفة) Spermatozoa بالبويضة Ovum تعرف هذه العملية بالإخصاب لتكون البويضة المخصبة أو الزيجوت zygote والذي يحتوى على العدد الزوجى للكروموسومات Diploid number وتمر البويضة المخصبة (الجنين) بمراحل مختلفة من الانقسامات المتتالية التى تؤدى إلى تكوين كرة مصمتة من الخلايا تسمى التوتيه morula ثم تتحول هذه الكرة إلى كرة جوفاء من الخلايا تسمى بالمقلجة blastula ويعرف تجويفها بتجويف المقلجة blastocoel ثم يتحول هذا الجنين إلى تركيب ثلاثى الطبقات يسمى بالبطينة Gastrula والتى تحتوى بداخلها على تجويف يسمى بتجويف البطينة Gastrocoel أو المعى البدائى Archentron وتسمى عملية التحول هذه من المقلجة إلى البطينة بعملية التبطين Gastrulation وفى هذه المرحلة تحتوى البطينة على الطبقات الجرثومية الثلاثة يمر للجنين بعد ذلك إلى مرحلة تكوين الأعضاء.

فتتميز الطبقات الجرثومية الثلاثة إلى أجزاء صغيرة والتى تأخذ اتجاهات مختلفة لتتحدد مصير كل جزء منها يتكون عضو معين. ويظهر بداءات الأعضاء ويصبح الجنين شبيها بالحيوان البالغ ثم يبدأ فى النمو والتميز ليتحدد حجم وشكل الأيون.

تتفص البويضة فى بعض الأنواع كالتن يختلف عن البالغ مظهرها ويسمى اليرقة Larva حيث تكون قادرة على للحصول على الطعام ثم تتحول اليرقة إلى الشكل البالغ بعملية تعرف بالتحول الشكلى

مبادئ علم الوراثة الخلوية و الأنسجة والأجنة

metamorphosis وخلال هذه العملية تفقد اليرقة تركيب كثيرة تستخدم في الطعام والانتقال ولكنها لا تؤدي وظيفة كبيرة عند البلوغ وتنتشر هذه الظاهرة في الحيوانات التي تضع بيوضا صغيرة قليلة المح. ويمكن توضيح عملية التكوين الجنيني بأنها سلسلة من الانقسامات والتطورات المستمرة حيث أنها يمكن ان تتكون من عدة مراحل مختلفة هي:

- | | |
|-------------------------|----------------------------------|
| Formation of sex cells | (١) مراحل تكوين الخلايا الجنسية |
| Fertilization | (٢) الإخصب ————— |
| Cleavage & Segmentation | (٣) التقطع والانقسام |
| Gastrulation | (٤) مرحلة التطور ————— |
| Organogenesis | (٥) مرحلة تكوين الأعضاء |
| Posthatching | (٦) مرحلة خروج الجنين إلى الحياة |
- من البويضات كما في حالة بعض الأسماك والبرمائيات والطيور والزواحف والولادة في حالة معظم الثدييات.
- (٧) عملية النضوج الجنسي للفرد Sexual maturity التي تنتهي بحيوانات ناضجة جنسياً من ذكور وإناث يتزوجون مرة أخرى لإنتاج أجيال أخرى متتالية.

تكوين الأمشاج Gametogenesis

تمثل عملية تكوين الأمشاج الخطوة الأولى في التكاثر الجنسي Sexual Reproduction حيث تحتوي هذه الخلايا الجنسية على نصف العدد الكروموسومي (الصيفي) المميز للتنوع وتعرف الخلايا الجنسية الذكرية بالحيوان المنوي (النطف) Sperm والخلايا الجرثومية الإثوية الناضجة بالبويض Ova وتسمى العمليتين اللتين تؤديان إلى نشو أو تكوين البويض Oogenesis وتكوين الحيوان المنوي (النطف) Spermatogenesis وهاتان العمليتان متشابهتان تماماً رغم إختلافات المظهرية بين نواتجهما فكلاهما يبدأ بمرحلة التكاثر للخلايا الجرثومية الأولية، مروراً بالانقسام الإختزالي وطور النمو والنضج ويتم إنتاج الحيوانات المنوية داخل خصية الذكور والبويضات من المبيض في الإناث .

أصل الخلايا الجرثومية: Origin of germ cells

يعتقد كثير من علماء الأجنة أن الخلايا الجرثومية الأولية تكون الأمشاج فقط أما الخلايا الجسمية Somatic cells للغدد التناسلية مثل خلايا سرتولي في الخصى والخلايا الحويصلية في المبايض تنشأ من الميزوديوم. ومن الثابت أن الخلايا الجرثومية تنشأ بوضع مختلف عن بقية الخلايا في الحرف الجرثومي Germinal ridge والذي يكون الغدد التناسلية والتي تنشأ في أجزاء من الجنين بعيداً عن هذا الحرف ثم تهاجر لتستقر فيه. ولهذا كان الاعتقاد السابق أن الخلايا الجرثومية الأولية لا تظهر إلا في وقت متأخر أثناء النمو الجنيني أي بعد أن تتكون المناسل حيث توجد هذه الخلايا. وقد تبين حديثاً أن الخلايا الجرثومية الأولية تظهر في وقت مبكر جداً أثناء نمو الجنين وحتى قبل أن يعرف بعد أن كان ذكراً أم أنثى وقد وجد أن مدة الحمل في الفأر الصغير mice هي ١٩-٢٠ يوماً والفأر الكبير Rat تصل إلى ٢١-٢٢ يوماً والأرانب من ٣٠-٣٢ يوماً.

ويتضح في قول الله تعالى في كتابه العزيز في سورة الشورى الجزء الخامس والعشرون (٤٨) * ذ طاه السموات والأرض يطلق ما يهاه يصم لمن يهاه ابائاً ويصم لمن يهاه الطهور * أو يزوجهم طهراً وانا و يجعل من يهاه لحقاً انه علمه قدير*.

وفي سورة أخرى يتضح فيه قدرة الله في أن يهب من يشاء الإنث في سورة آل عمران الجزء الثالث (٦) * هو الذي يسوركم في الأرحام حميهم يهاه لا اله الا هو العزيز الحكيم*
وفي سورة الزعد الجزء الثالث عشر (٨)

* انه يعلم ما تعمل قبل انثي وما تعيى الأرحام وما تزاحم وتحل خي يحده بمقدار*

مبادئ علم الوراثة الخلوية و الأنسجة والأجنة

ويبين الله العلى التقدير فى أياته للكرامة فى سورة الحج الجزء السابع عشر (٤)

‘ يا أيها الناس ان كنتم فى ريب مما نزلنا على رسلنا من قبلنا فارجعوا إلى ربكم فاستمعوا أن يقولوا لكم وحذروا مطعنة لبيد لهم ونذر فى الأرحام ما بغاء إلى أجل مسمى ثم خرجهم خللاً ثم انبأوا أحدهم ومنهم من يتوفى ومنهم من يرد إلى أرحام العمر’.

وفى سورة أخرى من كتاب الله عز وجل يوضح فيه المراحل المختلفة لتكوين الجنين فى رحم الأم وفى قوله عز وجل فى سورة المؤمنون الجزء الثامن عشر (١١)

‘ ولقد خلقنا الإنسان من صلالة من ظهن * ثم جعلناه نطفة فى قرار مضمين * ثم خلقنا النطفة علقة فخلقها علقة مصصة فخلقنا المصصة عظاماً فتصبونا عظاماً لهما ثم انبأناه خلقاً آخر فتبارك الله أحسن الخالقين’.

وفى سورة أخرى من كتاب الله فى قول الله تعالى فى سورة طه الجزء الرابع والعشرون (٦٧)

‘ هو الذى خلقهم من تراب ثم من نطفة ثم من علقه ثم خرجهم خللاً ثم انبأوا أحدهم ثم انبأوا خيوطاً ومنهم من يتوفى من قبل وانبأوا أجلاً مسمى ولعلهم يعقلون’.

وان الخلايا الجرثومية تتميز داخل الجدار الداخلى لعنق كيس المص شكل (٨-١) ثم تهاجر منه إلى المناسل فى وقت يكون فيه المنسل عبارة عن بروز صغير يعرف باسم العرف الجرثومى Germinal ridge ويكون هذا العرف الجرثومى ملاصقاً تماماً للكلية الأولية للجنين حيث كان جزءاً منه ثم انفصل تدريجياً كما موضح فى شكل (٨-١).

ومع استمرار النمو الجنينى يزداد العرف الجرثومى فى النمو إلى أن يفصل تماماً عن الكلية الجنينية ويزداد عدد الخلايا الجنسية المهاجرة إليه ويتحول إلى كيس وقشرة خارجية سمكية Cortex ولب medulla تنتشر بداخله أحيال جنسية ابتدائية primitive sex cords ويعرف بالقطر غير محدد المنسل indifferent gonad شكل (٨-١) وان قدر ان يكون هذا الجنين ذكراً فحدث زيادة فى عدد الأحيال الجنسية الأولية وتملاً لللب تماماً ونقل القشرة وتحول الأحيال الجنسية الأولية إلى الأنبيبيات المنوية Seminiferous Tubules وتحول الخلايا الجنسية الأولية إلى مولدات المنى وهى المرحلة الأولى لتكوين الحيوانات المنوية وتكون الخصية. وتظل مولدات المنى Spermatogonia ساكنة خلال الفترة الجنينية وحتى بعد خروج الجنين إلى الحياة حتى يصل إلى مرحلة التضج الجنسى عند ذلك تخرج هذه الخلايا من مرحلة السكون إلى سلسلة من الإنقسامات الخلوية الغير مباشرة والإختزالية حتى تكون الحيوانات المنوية.

وان قدر لهذا الجنين ان يكون إناثى فإن سلك القشرة يزداد فى الحجم ويتبعه ضمور فى اللب وترحف خلايا القشرة إلى الداخل حتى تملئ تجويف المنسل تماماً وتحول الخلايا الجنسية الأولية إلى نوع من الخلايا يعرف باسم أمهات البيض oogenia فتى تتغير الطور الاول فى مرحلة تكوين البويضات وتكوين المبيض. وتعرف هذه العملية السابقة بعملية التمييز الجنسى للأجنة قبل الولادة شكل (٨-٢).

وفى خلال هذه العملية تمر كل من البويضة والحيوان المنوى بسلسلة من الإنقسامات والتمييز حتى يتكون كل منها وهذه السلسلة هى:

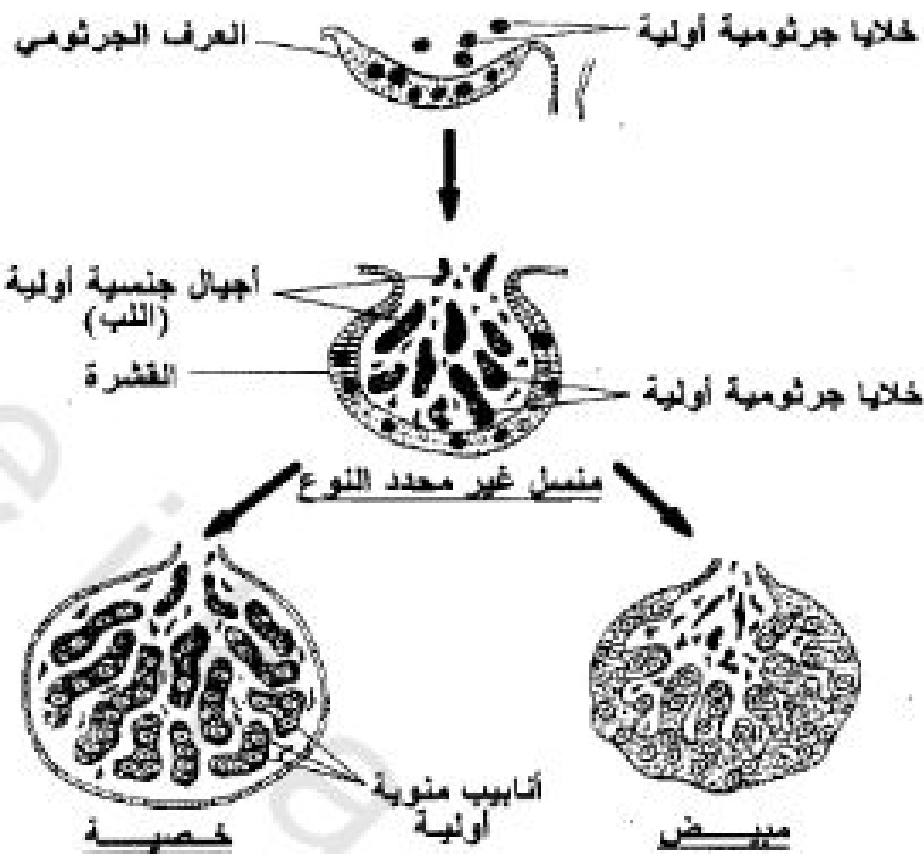
مبادئ علم الوراثة الخلوية و الأنسجة والأجنة

الانقسام الغير مباشر. Mitosis

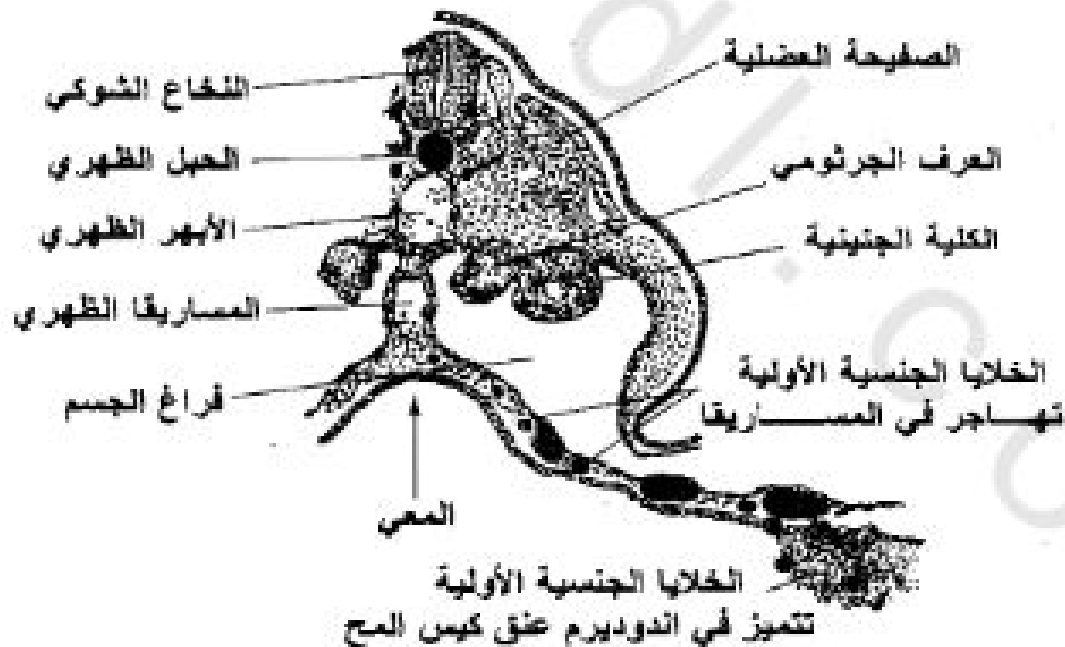
والانقسام الاختزالي. Meiosis

وبعد تكوين كل من البويضة والحيوان المنوي يتم اتحادهما ويتكون الزيجوت حيث ان كل منهما يحتوى على نصف عدد الكروموسومات Haploid No ويكتمل هذا العدد Diploid No بإتحاد البويضة والحيوان المنوي ويصلى العدد الزوجى diploid No. 2N فمثلا: العدد الزوجى لكروموسومات الإنسان ٤٦ كروموسوم منهم ٢٢ زوج جسمى autosomes + زوج من الكروموسومات الجنسية Sex chromosomes والذي يطلق عليه XX فى حالة الإنثى، XY فى حالة الذكر.

ويتوقف جنس الجنين على نوع الحيوان المنوي الذى يلقح البويضة فإذا كان Y يتحد مع X بويضة فيكون الناتج ذكراً. وإذا كان X يتحد مع بويضة فيكون الناتج أنثى .



شكل () خطوات التميز الجنسي وكيفية تكوين المبيض أو الخصية.



رسم تخطيطي لقطاع خلال منتصف الجسم في جنين حيوان فقاري يوضح نشأة الخلايا الجنسية الأولية في إندوديرم الكيس المص والى مهاجر منه إلى المناسل النامية

شكل رقم (٨-١)

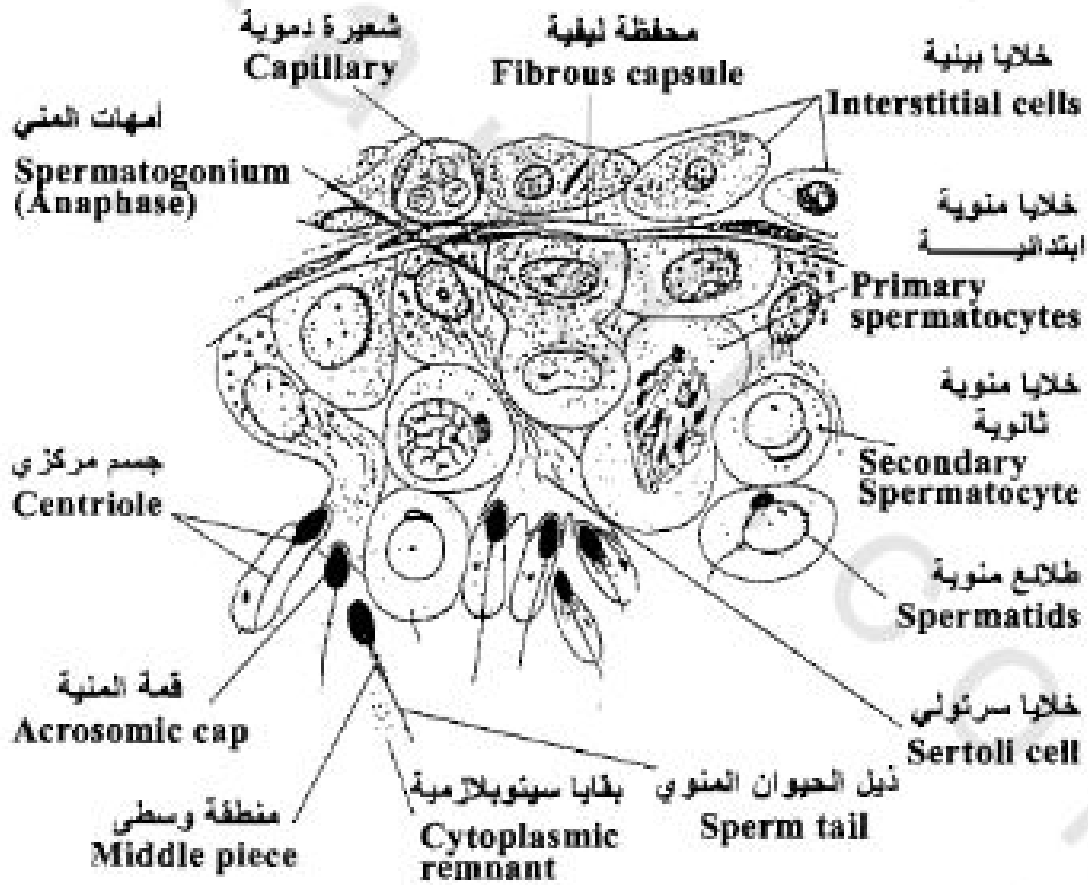
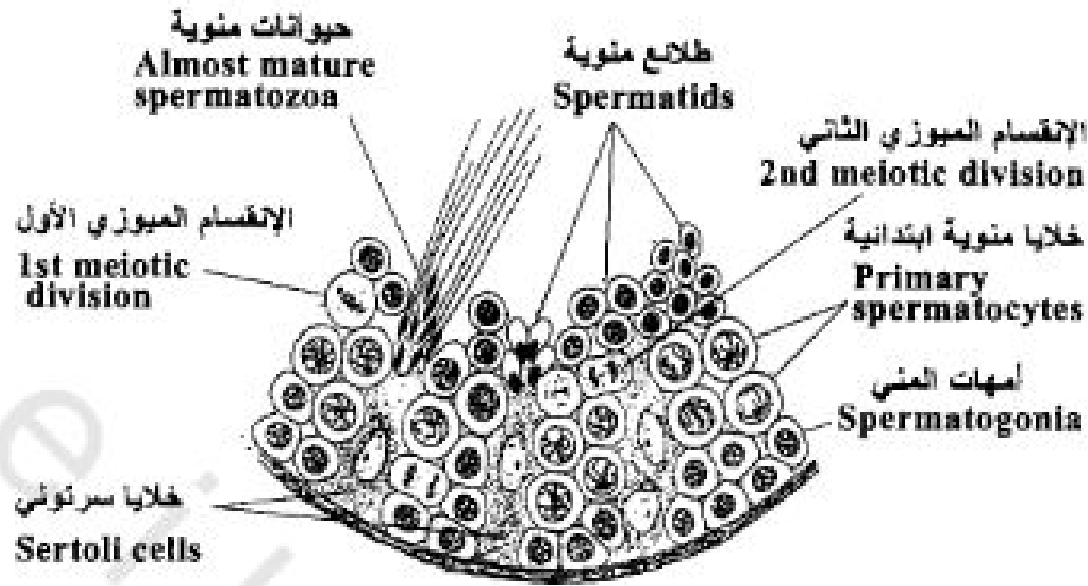


Diagram of a portion of the wall of a seminiferous tubule.

رسم توضيحي لجدار الأنبوبة المنوية

شكل رقم (٨-٢)

تكوين الحيوانات المنوية Spermatogenesis

تتكون الجاميطات الذكورية (الحيوانات المنوية) في خصية الذكر داخل الأنابيب المتفوفة داخل الخصية والتي تعرف باسم الأنابيب المنوية Seminiferous Tubules وتنشأ الخلايا الجرثومية الأولية في الأطوار المبكرة من النمو الجنيني ثم تهجر إلى العرف التاملي الذي وصف من قبل genital ridge حيث تعمل هذه الخلايا على تكوين الأنابيب المنوية ثم الخلايا الجنسية الذكورية أو مولدات المنى Spermatogonia وهي المسئولة عن تكوين الحيوان المنوي فعندما يصل الحيوان الفقاري إلى مرحلة البلوغ أو النضج الجنسي يبدأ هذه الخلايا في التحول إلى حيوانات منوية داخل الأنابيب المنوية ولا تتحول هذه الخلايا الجنسية مرة واحدة إلى حيوانات منوية بل على شكل مجموعات وعلى فترات متتالية كما إن هناك انقسامات متتالية ودائمة ومستمرة لمولدات المنى وذلك لإنتاج أعداد كثيرة.

وصلية تكوين الحيوانات المنوية من مولدات المنى تسير على نمط واحد في معظم أنواع الفقاريات، وتحتوي خصية الفقاريات الناضجة على عدد كبير من الأنابيب المنوية والتي تحاط بنسيج أبيض مرن يسمى الغلالة البيضاء Tunica Albuginea وعند دراسة القطاع العرضي للخصية ودراسة إحدى هذه الأنابيب المنوية فنجد أنها تبدأ بالطلائية الجرثومية germinal epithelium ثم مولدات المنى Spermatogonia في أطوار مختلفة من الانقسام الغير مباشر وذلك لإنتاج أعداد كبيرة من مولدات المنى. ومسير هذه الخلايا هما لثنتين:

- (١) إن تستمر مولدات المنى في الانقسام لتعطي مولدات أخرى تعرض ما تحول إلى حيوانات منوية.
- (٢) أو أن تتوقف عن الانقسام لفترة قصيرة وتنمو ويصبح حجمها أكبر قليلا من مولدات المنى وتعرف هذه الخلايا بالخلية المنوية الابتدائية Primary spermatocytes.

وكلا العمليتان يسيران جنبا إلى جنب وعندما تتحول هذه الخلايا إلى خلية منوية ابتدائية تبدأ الأخير في ان تقسم انقساماً اختزالياً لتكوين خليتين منويتين ثانويتين Secondary spermatocytes كما في شكل (٨-٢) وبعد فترة قصيرة تنقسم الخلية المنوية لثانوية أنقساماً آخر تنقسم فيه الكروموسومات إلى كروماتيدين أو إلى خليتين أصغر حجماً تسمى بالطلائع المنوية spermatids والتي تحتوي على نصف العدد الزوجي الموجود في الخلية الأصلية Haploid number. وبذلك تنشأ أربعة خلايا من الطلائع المنوية من خلية واحدة. وتتطور هذه الطلائع المنوية إلى جاميطة مذكرة تعرف باسم الحيوان المنوي Spermatozoon ويوجد بين الخلايا المثبتة أو أمهات المنى Spermatogonia خلايا أخرى مرتولى Sertoli cells حيث تلعب دوراً هاماً في تغذية الخلايا المثبتة والحيوانات المنوية وحماية الخلايا الجنسية من المؤثرات الخارجية أو الداخلية أثناء وجودها في الأنابيب المنوية.

ويوجد نسيج ضام يسمى النسيج البيني Interstitial tissues والذي يعزو إلى ظهور الصفات الجنسية الثانوية الذكورية نظراً لإفراز هرمون خاص تفرزه هذه الخلايا بالإضافة إلى أن الأنابيب المنوية أيضاً تفرز هذا الهرمون.

مبادئ علم الوراثة الخلوية و الأنسجة والأجنة

وهناك عدة مراحل تمر بها الخلايا المنبئة حتى تتحول إلى حيوان منوى وهى:

- مرحلة التكاثر Multiplication

وفيها تنقسم الخلايا الجرثومية germ cells المكونة لجدار الأنبوبية المنوية لتعطى أمهات المنى spermatogonia والتي تحتفظ بالشكل الكروي والصغيرة الحجم، ومصير هذه الخلايا: أما إن تستمر فى النمو وتزيد فى الحجم وتتوقف عند الإنقسام لفترة وتعطى الخلية المنوية الابتدائية كما ذكر سابقا، أما أنها تستمر هذه الخلايا فى الإنقسام لتعطى مولدات منى أخرى.

مرحلة النمو: Growth

بعد فترة وجيزة من انقسام خلايا أمهات المنى تتوقف بعض هذه الخلايا وتزداد فى الحجم وتنمو وتتحرك نحو مركز الأنبوبية المنوية وتسمى هذه الخلايا الجديدة بالخلية المنوية الابتدائية primary spermatocytes شكل (٨-٢).

مرحلة النضج: Maturation

وفى هذه المرحلة من النمو الجنينى يحدث أن تنقسم الخلية المنوية الابتدائية انقسامًا اختزاليا لتعطى خليتين منويتين ثانويتين تحتوى كل منهما على نصف العدد الكروموسومى الموجود فى الخلية الأصلية Haploid no وهذه الخلايا أصغر من الخلية المنوية الابتدائية ثم تنقسم الخلية المنوية الثانوية انقسامًا غير مباشر Mitosis لتعطى خليتين منويتين تسمى بالطلائع المنوية spermatids وهى صغيرة جدا أصغر من الثانوية وبذلك فإن كل خلية منوية من أمهات المنى تعطى أربعة خلايا من طلائع المنوية. ويحدث تبادل المادة الوراثية بين الكروموسومات فى الإنقسام الإختزالى فى مرحلة الطور الأولى prophase I والذي يتكون من خمسة مراحل هى الطور المحبب والطور التراجعى والطور الضام والطور التشنى والطور الابتعادى شكل (٨-٢).

وبعد مرحلة تكوين الطلائع المنوية تمر هذه الخلايا بعدة تحورات تكون فى نهايتها تكوين الحيوان المنوى وهذه المراحل هى:

وهناك أربعة مراحل لتحول الطلائع المنوية إلى حيوانات منوية كما فى شكل (٨-٤ ، ٨-٦) وهى:

(١) مرحلة جولجى Golgi phase

وهى تتميز بوجود حبيبات صغيرة تعرف بحبيبات قمة المنية فى داخل أغشية جولجى وهى عبارة عن تجمعات من الفجوات الصغيرة تتحد مع بعضها البعض لتكون فجوة كبيرة تظهر فى داخلها حبيبات قمة المنية وباستمرار النمو تتجمع هذه الحبيبات وتظهر كحبيبة واحدة فى داخل لجوة قمة المنية ونسبى بحويصلة قمة المنية عند ذلك Acrosomal vesicle.

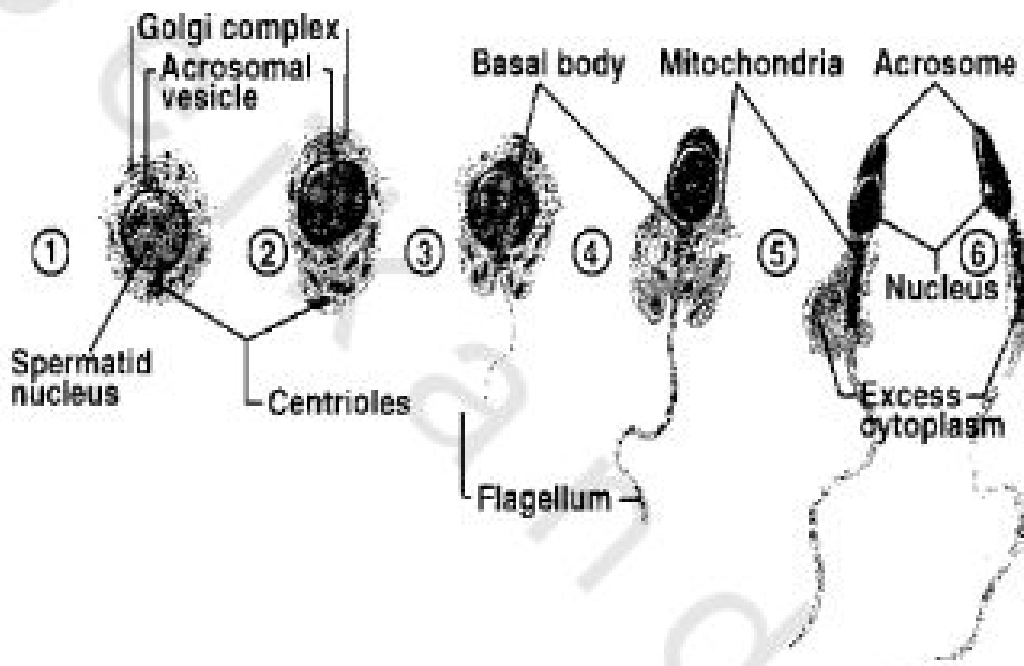
(٢) مرحلة الطوق Cap phase

في هذه المرحلة تفقد حوصلة قمة المنية بعض السوائل التي توجد فيها ثم ترتخي وتحيط بالنصف العلوي من نواة الحيوان المنوي وتكون ما يعرف باسم طوق الرأس Head cap. كذلك تتكثف النواة تدريجياً بسبب فقدان كمية من الماء الموجود بالأحماض النووية وبذلك توجد الصفات الوراثية في حيز ضيق من النواة مما يساعد على تقليل وزن وحجم الحيوان المنوي. أما بالنسبة للأجسام المركزية فإن أحدهما يتحرك نحو القطب الخلفي للنواة ويعرف باسم جسم التمرکز الأمامي proximal centriole والآخر جسم التمرکز الخلفي (البعيد) Distal centriole وهذا يوجد عند قاعدة الذيل. ويتكون الذيل من خيط محوري يعرف Axial filament وهو عبارة عن أنبوبتين متصليتين في المركز وتسعة أزواج من الأنايب مرتبة في دائرة على مسافات متساوية حول الأنبوبتين المركزيتين .

(٣) مرحلة قمة المنية Acrosomal phase

وفيها تتحرك النواة من مركز الخلية إلى الحافة ثم تستطيل وتتقلص حسب نوع الحيوان المنوي المتكون وتتدمج حبيباتها الكروماتينية ثم يبدأ الحيوان المنوي في الاستدارة حول نفسه. أما قمة المنية فهي تأخذ أشكال وأحجام مختلفة حسب نوع الحيوان المنوي ويتجه الجسم الكروماتيدي للنواة نحو الجسم المركزي للبعد حيث يكون شكلاً حلقياً عند قاعدة الذيل مكوناً Ring centriol الجسم المركزي للحلق. أما الأجسام السباحية الموجودة في السيترولازم فالتها تهاجر نحو قاعدة الذيل في المنطقة الوسطى مكونة غشاء الأجسام السباحية Mitochondrial sheath الخاصة بالمنطقة الوسطى شكل (٨-٢) .

Spermiogenesis



Changes that transform spermatids into spermatozoa

- discarding excess cytoplasm & growing tails

شكل رقم (٨-٤)

(٤) مرحلة النضج Maturation phase

وفيها تتحول الطليعة المنوية إلى حيوان منوى حيث تأخذ النواة وقمة المنية الشكل والوضع النهائي لهما حسب نوع الحيوان وفي هذه المرحلة تحيط قمة المنية بالنصف الأمامي للنواة، وتتحول كل الأجسام الكروماتينية داخل النواة إلى كتلة واحدة متجانسة والجسم المركزي الحلقى يتحرك بعيداً في اتجاه الذيل حيث يحدد نهاية المنطقة المتوسطة للحيوان المنوى وبداية تكوين الذيل، وفي المنطقة الوسطى تتمركز الأجسام السباحية وتتخذ شكلاً حلزونياً شكل (٨-٤ ، ٨-٥)، وفي النهاية يحتوى الميتوبلازم على الريبوسومات والحبيبات الدهنية وأجسام سباحية متحلة وأغشية متبقية عن جهاز جولجي وهذه الكتلة التي تعرف باسم بقايا ريجود Residual body of regand تنفصل عن الحيوان المنوى وتبقى في تجويف الأنبيبات المنوية أو تقتلها أنواع من الخلايا تعرف باسم خلايا سرتولي Sertoli cells.

وأثناء مراحل تحورات الطلائع المنوية تكون الطلائع المنوية المتكونة ملتصقة بجدار خلايا خاصة تسمى خلايا سرتولي نسبة إلى مكتشفها وهي خلايا جسيمة Somatic cells أى لها نحتوى على العدد الزوجى للكروموسومات وليست مثل بقية الخلايا الجنسية التي تحتوى على العدد الفردى للكروموسومات ————— ومات ويعتقد ان خلايا سرتولي لها أهمية في:

- إمداد الطلائع المنوية والحيوانات المنوية بالمواد الغذائية التي تنقلها إليها وهي خلايا لا تنقسم في الخصية الناضجة.

- وهي لا تتأثر بالإشعاع ولذلك فإنها تقاوم أنواع كثيرة من السموم التي قد تقتل الخلايا الجنسية وأطوارها المختلفة.

- ووظيفتها حماية الخلايا الجنسية من أى مؤثرات خارجية أو داخلية أثناء وجودها في الأنبيبات المنوية.

وأهم أحداث هذا التحور كما في شكل (٨-٤) هي:

- استطالة الطليعة المنوية.

- تحتوى كل طليعة منوية على نقطتين مركزيتين Centrioles مع سوط دقيق.

- تتركز المادة الوراثية الموجودة في النواة في المنطقة الأمامية من رأس الطليعة المنوية التي تكون رأس الحيوان المنوى فيما بعد.

- يكون جهاز جولجي الجسم القسي acrosome في الطليعة المنوية ثم الحيوان المنوى، حيث يعمل هذا

الجسم على إفراز انزيم الهياليرونيداز Hyaluronidase والذي يقوم بإذابة غشاء البويضة.

- تتجمع الأجسام السباحية حول المنطقة الوسطى للطليعة المنوية أو الحيوان المنوى فيما بعد.

الحيوان المنوى: Spermatozoon

- وبعد مرحلة النضج تتحول الطليعة المنوية إلى حيوان منوى والذي يختلف شكله من حيوان إلى آخر أختلافا كبيرا من حيث الحجم والشكل فقد يبلغ طوله ٠,٠٥ م في الإنسان أو ٠,٠٢ م في البلاتلوسوس.
- يحتوى الحيوان المنوى على جزء ضئيل من البروتوبلازم والذي يشمل جميع المواد الغذائية للحيوان أى الطاقة المخزونة له. ولذلك فإن طاقته وحيويته تستمر لفترة وجيزة بعدها يصبح غير قادر على الإخصاب.
- تتميز بحيويتها ونشاطها وقدراتها على الحركة داخل السائل المنوى الذى تفرزه الخصية والغدد الملحقة بها.
- يتحرك الحيوان المنوى في هذا السائل بواسطة الذيل وهو الجزء الخلفى له.

تركيب الحيوان المنوى:

الحيوان المنوى لمعظم الفقاريات يتركب من نمط واحد وهو يتكون من ثلاث أجزاء رئيسية هي:

Head

(١) الرأس

- فهو يختلف من حيوان إلى آخر فقد يكون مفلطحاً أو بيضانياً كما في الإنسان أو على شكل سيف منحنى ذو رأس كما في القتران أو حلزونياً كما في الطيور والبرمائيات.
- وتحتوى الرأس على النواة وهى المسئولة عن نقل الصفات الوراثية باتحادها مع نواة البويضة وتكوين فرداً جديداً.
- وتحتوى الرأس أيضاً على قمة المنية Acrosome ولتى تفرز إنزيم الهيالوريداز الذى يساعد فى عملية ذوبان غشاء البويضة ومهولة دخول الحيوان المنوى داخل جسم البويضة كما فى شكل (٨-٥).

Middle piece الجزء المتوسط

- يوجد خلف الرأس مباشرة وهو متغير أما ان يكون قصيراً أو طويلاً وهو يتكون من مجموعة من الأغشية أو ما تسمى بالأجسام السبلحية Mitochondria لتي علاه ما تأخذ شكلاً حلزونياً فى الثدييات.
- ويوجد أيضاً النقطة المركزية وهى أما أن تكون أمامية أو خلفية أو وسطية وتستخدم فى عملية الإنقسام أثناء اتحاد نواة الحيوان المنوى بنواة البويضة ويتكون خيط المغزل ووجود الأجسام السبلحية يعزى إليها - حركة الحيوان المنوى- إنتاج الطاقة اللازمة للحركة وذلك عن طريق وجود الإنزيمات المؤكدة للمواد الغذائية.

Tail

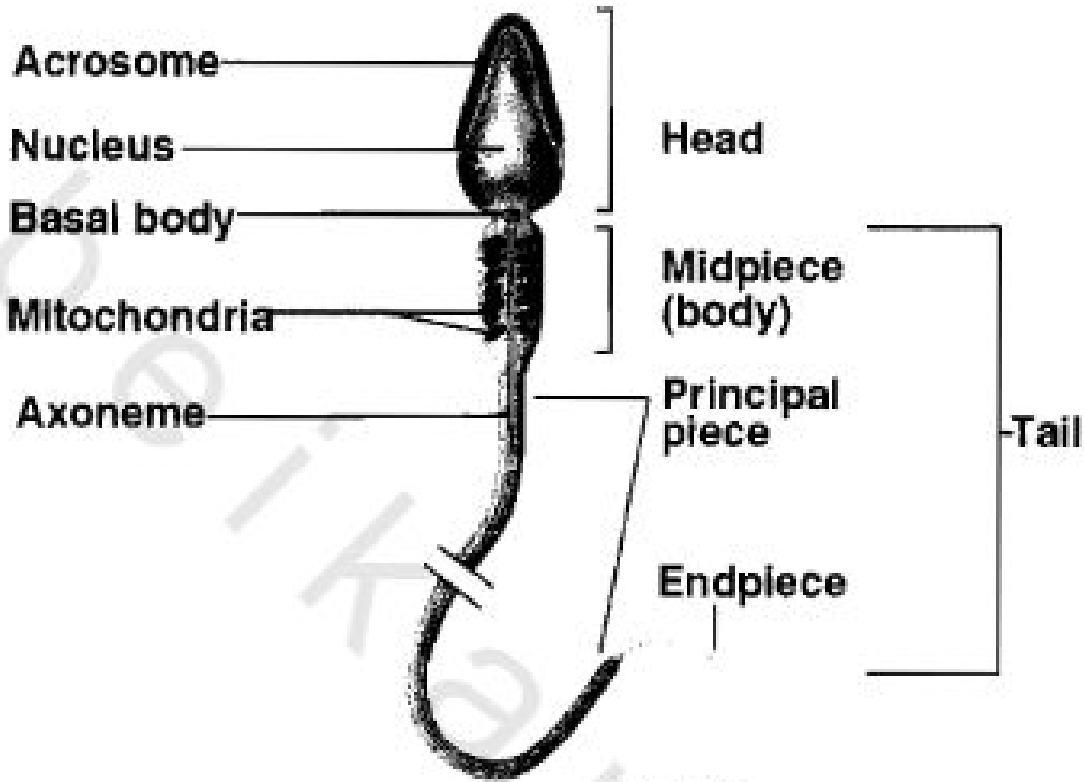
(٣) الذيل

وهو أطول جزء في الحيوان المنوى وبحركته يستطيع الحيوان المنوى أن يتحرك داخل الكتلة المنوية المقنوفة في الجهاز التناسلي للأنثى والتي تحتوي على عدة ملايين ٢٠-٢٠٠ مليون من الحيوانات المنوية تسبح في السائل المنوى التي تفرزه كل من الخصية والغدد الملحقة بها. شكل (٨-٥).

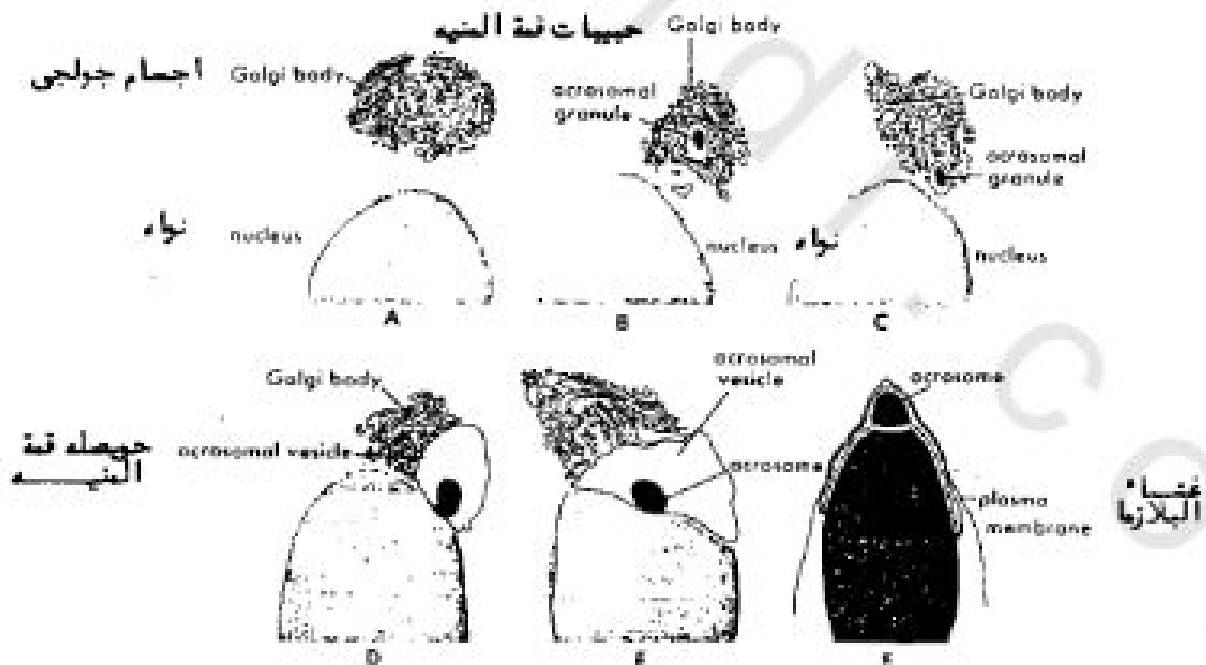
وأهم وظائف الحيوان المنوى هو:

- إخصاب البويضة وذلك عن طريق ثلاثى الحيوان المنوى بالبويضة واتحادهما وتكوين الزيجوت.
- الوظيفة الأخرى الميكانيكية فعندما يصل الحيوان المنوى إلى البويضة يحتها على بدء الإنقسام وقد يتم ذلك دون اتحادهما.

Spermatozoon



شكل (٨-٥)



مراحل تطویر و تكوين قمة المنية ورأسها في جهاز جولجي أثناء تكوين الحيوانات

المنوية في القط

شكل (٨-٦)

مرحلة النضج الوظيفي للحيوان المنوى Physiological Maturation of the sperm

عند اكتمال نمو الحيوان المنوى داخل الخصية لا يكون قد وصل إلى الصور النهائية للنضج سواء في التكوين أو في قدرته على تلقيح البويضة.

وقد وجد أنه يحدث بعض التحورات الفسيولوجية والتركيبية وتتم هذه التحورات في الذكر كالآتي:

عند اكتمال عملية التحور للطلائع المنوية إلى حيوانات منوية نترك هذه الحيوانات المنوية الخصية حيث تمر في أنبوبة غاية في الطول منتفة حول نفسها على شكل مضغوط تلى الخصية مباشرة يعرف باسم البربخ Epididymis شكل (٨-٧) وفي معظم الثدييات ينقسم البربخ إلى ثلاثة أجزاء:

(١) الرأس Caput

(٢) الجزء المتوسط أو الجسم Corpus

(٣) الذيل Cauda

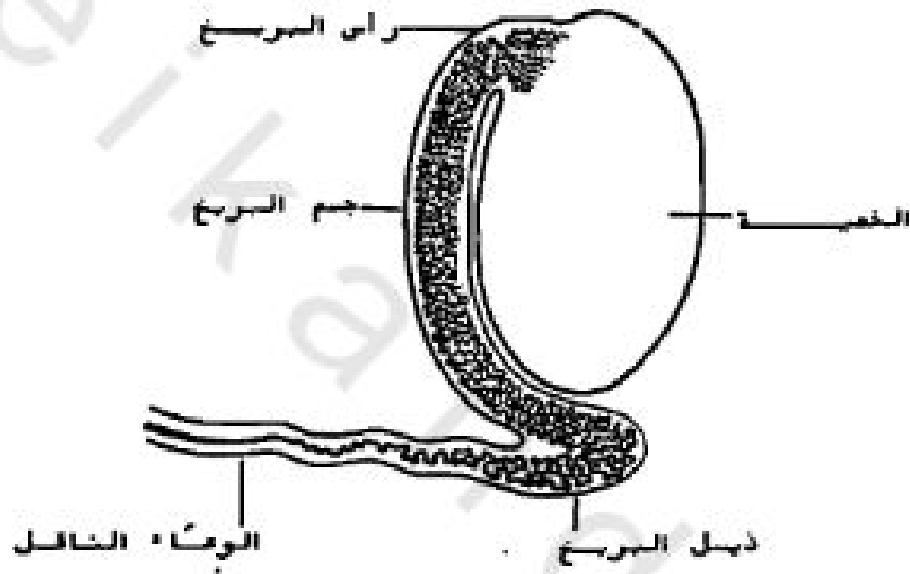
ويتم نضج الحيوانات المنوية في الرأس والجسم أما منطقة الذيل فهو يخزن فيه الحيوانات المنوية. ومن أهم التغيرات التركيبية التي تطرأ على الحيوانات المنوية أثناء وجودها في البربخ، هي أن النقطة الميتوبلازمية (وهي بقايا الميتوبلازم الذي ترك أثناء تحول الطلائع المنوية إلى حيوانات منوية داخل الخصية) تهاجر من علق الحيوان المنوى إلى الطرف البعيد من الجزء المتوسط وعند عملية القذف تكون هذه النقطة الميتوبلازمية قد اختفت تماماً. وقد لوحظ وجود هذه النقطة الميتوبلازمية في المنطقة الوسطى من الحيوان المنوى بعد القذف لفترات قصيرة وهذا دليل على عدم نضج الحيوان المنوى.

وقد وجد أن حيوية الحيوانات المنوية وقدرتها على الحركة تزداد كلما أبتعدت عن الرأس وجسم البربخ، وتكون درجة حيويتها في الذيل ضعف تلك الموجودة في الرأس والجسم، أما الحيوانات المنوية الموجودة في الخصية فهي عقيمة لا قدره لها على التلقيح.

وقد نوه بعض الباحثين عن احتمال وجود بعض الإفرازات مصدرها البربخ تكسو أو تغطي الحيوانات المنوية فتحميها من أي مواد ضارة قد توجهها في المجرى التناسلي للأنثى. وتتم المراحل النهائية للنضج الوظيفي للحيوان المنوى في داخل الجهاز التناسلي للأنثى.

ونستقر الحيوانات المنوية بين قناة البيض ورحم الأنثى في فترة تتراوح بين عدة دقائق إلى عدة ساعات حسب نوع الأنثى وذلك حتى يصبح قادرا على الاتحاد بالبويضة ولقد سميت هذه الفترة بزيادة القدرة Capacitation period حيث تقرر قناة البيض والرحم إفرازات تؤثر على فترة الحيوان المنوى وتنشيطه مما يجعله قادرا على إخصاب البويضة.

عند دخول الحيوانات المنوية إلى قناة البيض تزداد نشاطها حيث أنها تمر بفترة زيادة القدرة للإفرازات المحدثه من قناة البيض والرحم والمهبل Vagina التي تحتوى على مواد تساعد على رفع المستوى الإخصابي للحيوان المنوى وتحافظ على حياة الحيوان المنوى.



شكل (٧-٨) رسم يوضح العلاقة بين الحفصية وأجزاء اليربوع . (عن : Austin and Short 1967).